

## De la graisse biodégradable à la place de l'huile de chaîne pour les machines de bûcheronnage ?

*Bien que fortement recommandée par PEFC France et obligatoire dans les forêts publiques, l'utilisation de lubrifiants biodégradables pour tous les organes de coupe est rendue difficile notamment en raison de leurs coûts nettement plus élevés que les huiles minérales employées jusqu'à présent (facteur 2 à 2,5).*

*Un système innovant de graissage des organes de coupe des têtes de bûcheronnage devrait faciliter ce passage au biodégradable. En effet, une société canadienne (STL Lubrifiants) a mis au point un système de lubrification du guide chaîne de la tête d'abattage, appelé Envirosys. Il permet de remplacer le système traditionnel d'huile de chaîne par de la graisse biodégradable avec comme conséquence immédiate, d'après le fabricant, une réduction significative de la consommation. Qu'en est-il réellement pour les conditions de la forêt française ?*

*Le projet INOFOX, piloté par FCBA, a permis de tester avec 3 entreprises du secteur (Exploitation Forestière Morvandelle, Société d'Exploitation des Bois du Sud-Ouest, Smurfit Kappa – Comptoir du Pin) de l'exploitation forestière sur 2014/2015, ce système de graissage des organes de coupe afin d'en déterminer les performances techniques et économiques.*

### Le système de graissage Envirosys

**D'autres systèmes actuellement proposés utilisent de la graisse. Par rapport aux autres systèmes existants, le kit testé présente le grand intérêt d'une part de pouvoir régler facilement le débit de graisse afin d'optimiser la consommation, d'autre part d'afficher dans la cabine le niveau de graisse dans le réservoir pour savoir quand faire le plein.**

### La graisse biodégradable en cartouche de 2 kg

Cette graisse est produite à partir d'une plante cultivée au Canada, le canola (contraction de Canada et ola, qui signifie huile). C'est un colza de printemps.

Cette graisse possède les caractéristiques suivantes :

- Elle est biodégradable, non écotoxique et possède l'écolabel européen garant du respect des exigences environnementales définies le 26 avril 2005 par la commission européenne (2005/360/CE).

- Il existe deux types de graisse : ETE (utilisable jusqu'à des températures de -10°C) et HIVER (en dessous de -10°C).



Figure 1 : Conditionnement de la graisse en cartouche de 2 kg



Figure 2 : Après enlèvement du couvercle

## Le kit de graissage pour tête de bûcheronnage

Le système de graissage EnviroSYS de la chaîne et du guide de la tête de bûcheronnage se compose d'un kit adaptable d'après le constructeur, a priori, aux différentes machines de bûcheronnage existantes sur le marché.

Ce système présente l'avantage d'être réversible, c'est-à-dire que l'on peut réutiliser le système de lubrification à l'huile.

Le kit comporte les différents éléments suivants :

- une pompe,
- un réservoir (pour la graisse),
- une unité de contrôle électronique,
- un écran de contrôle, servant d'interface opérateur, qui permet de régler la pompe depuis la cabine.

Les câbles électriques sont fournis, mais pas le flexible de graisse (flexible ¼ de pouce de type hydraulique).



*Exemple sur la Ponsse Ergo : installation de la pompe, du réservoir et de l'unité de contrôle du système EnviroSYS dans le compartiment hydraulique de la grue*



*Pompe et réservoir*



*Unité de contrôle électronique connectée à la pompe, au boîtier d'interface opérateur, au signal de scie et à une alimentation électrique*



*Le boîtier d'interface opérateur pour le réglage des débits dans la cabine*

Le réglage des débits concerne :

- la « durée d'injection » de la graisse à chaque mouvement de scie,
- la « durée d'injection de la première charge » de graisse après chaque redémarrage de la machine pour remettre le circuit en pression,
- le maintien en pression du système pendant que le moteur tourne en cas d'inactivité momentanée de la scie, avec une injection de graisse (« durée de la précharge ») au bout d'un temps réglable (appelé « temps d'inactivité avant la précharge »). (voir également tableau 2)

## Une expérimentation grandeur nature

### Les partenaires professionnels

Les essais ont été menés avec les 3 entreprises partenaires dans différentes conditions d'utilisation :

- en conditions « chaudes », dans le Sud-Est de la France ;
- dans des environnements sableux du massif Aquitain, dans la zone Sud-Ouest ;
- en conditions « froides », dans le Nord-Est, principalement sur le territoire du Parc Naturel Régional du Morvan, dont une des priorités de la Charte Forestière de Territoire est de réduire des risques de pollution en forêt.

Numéro de la machine pour le suivi des essais	Machine	Année de mise en service	Tête de bûcheronnage
1	Ponsse Ergo 8W	2013	Ponsse H7
2	John Deere 1470D	2007	JD H290
3	Valmet 911.3	2007	Valmet 360.2

Tableau 1 : Principales caractéristiques des machines de bûcheronnage utilisées durant les tests

### Un an d'expérimentation

La première phase du projet a consisté à suivre les consommations des machines avec l'huile de chaîne utilisée habituellement par les entreprises sur une période d'environ 6 mois (début 2014). Ces machines de bûcheronnage ont ensuite, été équipées avec le système Envirosys durant l'été 2014 et les consommations ont également été suivies sur environ 6 mois.

Les pilotes des machines de bûcheronnage ont renseigné un carnet de suivi journalier des consommations (lubrifiants, guides et chaînes, volumes produits, essences, conditions de chantiers...). Un suivi régulier a été réalisé sur le terrain par les techniciens de FCBA, pour collecter les données et recueillir les impressions des pilotes.

Compte tenu de l'hiver (2014/2015) relativement doux, les entreprises n'ont utilisé que la graisse ETE.

### Des chantiers très variés

La machine n°1 a évolué dans les régions Bourgogne et Auvergne, principalement dans des plantations résineuses de Douglas et d'épicéa commun. La moitié du volume exploité environ (57 % pour l'huile et 49 % pour la graisse) est réalisée en coupe rase et l'autre moitié en éclaircie. De ce fait, les volumes unitaires moyens des arbres étaient très variables : de 0,1 à 2,6 m<sup>3</sup>.

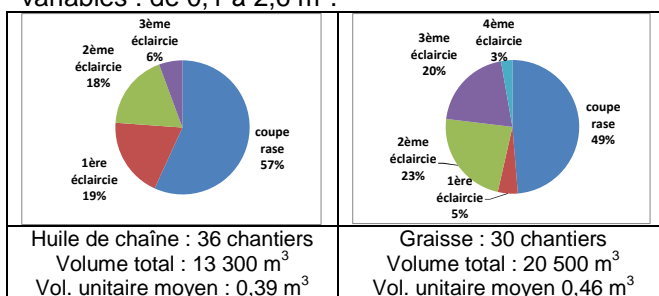


Figure 3 : Caractéristiques des 66 chantiers pour le suivi des consommations dans la zone Nord-Est

La machine n°2 a évolué pour les 2 campagnes de suivi en région Aquitaine uniquement dans du pin maritime et presque exclusivement en coupe rase.

	Huile de chaîne	Graisse
Nombre de chantiers	18	31
Volume (m <sup>3</sup> )	17 400	27 000
Essence	Pin maritime	Pin maritime
Type de coupe	Coupe rase	Coupe rase
Volume unitaire moyen	1,14 m <sup>3</sup>	1,15 m <sup>3</sup>

Figure 4 : Caractéristiques des chantiers pour le suivi des consommations dans la zone Sud-Ouest

La machine n°3 a évolué en Ardèche. Les deux périodes correspondent à des situations très différentes au niveau des essences, des types de coupe et des volumes unitaires, qui sont liées aux déplacements de la machine entre les chantiers été et hiver. Pour la période de test liée à l'huile, les situations étaient variées (types de coupe et essences : pin maritime, pin sylvestre, sapin et épicéa), alors que pour la 2<sup>ème</sup> phase de test liée à la graisse, la machine n'a évolué qu'en 1<sup>ère</sup> éclaircie dans des peuplements de pin maritime en Basse Ardèche.

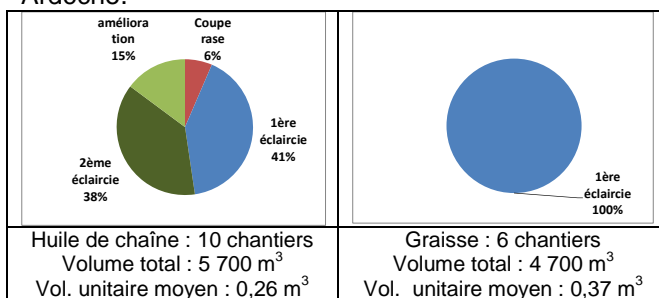


Figure 5 : Caractéristiques des chantiers pour le suivi des consommations dans la zone Sud-Est

## Les résultats

### L'installation du kit et les réglages : des étapes cruciales

- Si l'installation mécanique a plutôt été jugée facile par les conducteurs de machine, en revanche la partie électro-informatique nécessite impérativement la venue d'un technicien spécialisé capable de récupérer le bon signal de scie pour l'injection de la graisse. Une des machines n'a pas pu bénéficier de cette assistance et le conducteur a dû tester lui-même plusieurs branchements avant de trouver un signal qui permette de faire fonctionner la pompe ; le branchement habituel recommandé par Envirosys n'étant pas fonctionnel sur cette tête.
- La durée d'installation est fonction de la machine (place disponible pour loger le kit, flexible préexistant dans la grue...), il faut compter de 1 j à 3,5 j pour la partie mécanique et flexible. Signalons que le montage de ce kit est maintenant proposé en option par plusieurs constructeurs sur les machines neuves.
- L'optimisation des réglages, en particulier la durée d'injection, dépend des conditions de travail (essence, diamètre, guide...). Elle est fondamentale pour éviter toute surconsommation de graisse, ce qui a été constaté au cours des essais pour la machine n°3. La consommation de graisse a pu être diminuée de 33 % en ajustant simplement le réglage de la durée d'injection (de 3 secondes à 1,7 secondes).

	Machine 1	Machine 2	Machine 3
Durée d'injection	1,7	2,5 à 3	3 (pendant 6 mois) Puis 1,7 (fin des essais)
Temps d'inactivité avant la précharge	50	30	30
Durée de la précharge	2	2	1
Durée de la première charge	20	20	20

Tableau 2 : Réglage des machines après plusieurs semaines d'utilisation (durée en seconde)

### Des consommations réduites

Les quantités d'huile consommées, mesurées en litres, ont été converties en kg (masse volumique moyenne de l'huile de chaîne : 925 kg/m<sup>3</sup>) pour les comparer aux consommations de graisse.

- Les différences de consommation pour les machines n°1 et n°2 sont spectaculaires. Les ratios (quantité d'huile de chaîne/quantité de graisse) sont respectivement de 21,5 et de 13,7.
- Pour la machine n°3, le ratio de 4,9 est moins élevé (résultat obtenu dans la seconde phase de test avec un réglage de débit de 1,7 s). C'est la

machine qui n'a pas bénéficié d'un branchement optimal au démarrage. Il est à remarquer également que la consommation d'huile était très faible pour cette machine.

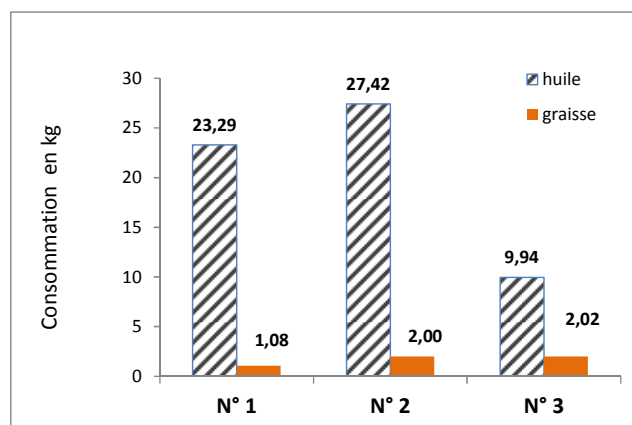


Figure 6 : Consommation en lubrifiants pour 40 heures machines

- Les consommations pour 40 heures machines sont de l'ordre de 2 kg de graisse (soit une cartouche) pour environ 25 litres d'huile.

### Pas d'impacts relevés sur la durée de vie des guides et des chaînes

**Guides :** La consommation en nombre de guides a été suivie pour les 3 machines sur une partie des chantiers.

- Il n'a pas été mis en évidence de différence sur la durée de vie des guides imputable aux types de lubrifiant. En effet, les guides sont changés soit parce qu'ils sont tordus, soit que la roulette est cassée bien avant qu'ils ne soient complètement usés. Les impacts du pilote et du type d'arbre à abattre sont bien plus importants sur la durée de vie des guides, que le système de lubrification.

**Chaînes :** La consommation en nombre de chaînes a pu être suivie uniquement pour les machines n°1 et n°3 sur une partie des chantiers.

	Machine n°1		Machine n°3	
	Huile	Graisse	Huile	Graisse
<b>Machine n°1</b>				
<b>Nombre de chaînes</b>	<b>18</b>	<b>8,25</b>	<b>11</b>	<b>17</b>
Volume exploité (m <sup>3</sup> )	14 132	10 086	5738	4661
Nombre d'arbres coupés	37 771	16 013	22 398	12 580
<b>Volume unitaire moyen (m<sup>3</sup>)</b>	<b>0,37</b>	<b>0,63</b>	<b>0,26</b>	<b>0,37</b>
<b>Nombre de billons</b>	<b>156 515</b>	<b>70206</b>	<b>108 556</b>	<b>60 532</b>
<b>Résultats</b>				
<b>Production m<sup>3</sup>/chaîne</b>	<b>785</b>	<b>1 223</b>	<b>522</b>	<b>274</b>
<b>Nombre d'arbres/chaîne</b>	<b>2 098</b>	<b>1 941</b>	<b>2036</b>	<b>740</b>
<b>Nombre de traits de scie/chaîne</b>	<b>10 794</b>	<b>10 451</b>	<b>11905</b>	<b>4301</b>
<b>Durée de vie en heures machine</b>	<b>41</b>	<b>63</b>	<b>74</b>	<b>30</b>

Tableau 3 : Durée de vie et production par chaîne des machines n°1 et 3

Il n'a pas été mis en évidence de différences sur la durée de vie des chaînes imputables aux systèmes de lubrification pour les machines n°1 et n°3 au cours de ces suivis.

Si l'on compare, le nombre de traits de scie par chaîne et le nombre d'arbres par chaîne pour la machine n°1, il n'y a pas de différence entre les 2 systèmes de lubrifications. L'écart en volume par chaîne est à attribuer au différentiel entre les volumes unitaires des arbres des différents chantiers. Pour la machine n°3, les différences sont, a priori, très nettes entre les 2 systèmes de lubrification, mais la machine a évolué sur des chantiers très différents. La période d'utilisation de la graisse s'est uniquement déroulée dans des terrains très pierreux d'où de très nombreux bris de chaînes, non imputables, d'après le pilote, au système de lubrification.

Un allongement plus important de chaînes lubrifiées avec de la graisse a été observé pour les 3 machines, mais la différence entre les 2 systèmes n'est cependant statistiquement significative que pour la machine n°2. L'impact est considéré par les utilisateurs comme insignifiant : sans conséquences pour les machines n°1 et 3 et marginal pour la n°2. En effet, une seule chaîne s'est avérée trop allongée pour cette machine, le tendeur automatique étant arrivé en bout de course.

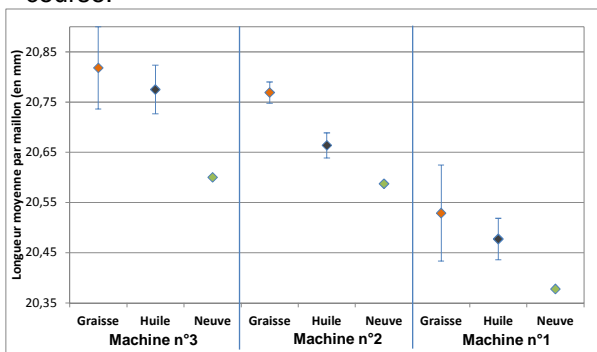


Figure 7 : Longueur moyenne par maillon par système de lubrification (et intervalle de confiance de la moyenne)

Signalons que les fortes chaleurs de l'été 2015 n'ont pas affecté les performances de lubrification de la graisse.

## Approche économique

### L'achat et l'installation du dit

Si le kit n'est pas installé d'origine sur la machine, il faut prévoir, en plus de l'achat du kit (4 000 €), quelques fournitures supplémentaires, du temps de conducteur et de mécanicien pour l'installation, du temps de technicien spécialisé pour les branchements et du temps d'immobilisation de la machine (installation faite en atelier). Tous ces éléments sont variables et ils dépendent beaucoup de la configuration de la machine.

En moyenne, le coût total de l'installation s'élève à 6 500 € (2/3 pour l'achat du kit, 1/3 pour les frais de mise en place).

### Le gain sur les lubrifiants

Comme il n'a pas été mis en évidence d'impacts sur la durée de vie des guides et des chaînes, les seuls consommables pris en compte dans l'étude économique, sont la graisse et l'huile de chaîne.

	Prix d'achat moyen € HT
Graisse biodégradable	17,50 €/kg
Huile de chaîne minérale	1,50 €/l
Huile de chaîne biodégradable	2,70 €/l

Tableau 4 : Prix moyen des lubrifiants

Les consommations horaires déterminées durant les phases de tests ont été retenues pour chaque machine pour pouvoir calculer une consommation annuelle sur la base de 1 600 heures machine. En huile, elle varie de 430 à 1 140 l/an et en graisse de 43 à 81 kg/an.

Pour les machines 1 et 2 ayant des ratios de consommation entre la graisse et l'huile relativement élevés, la graisse permet de substantielles économies par rapport à l'huile biodégradable (1 787 €/an et 1 968 €/an) et même par rapport à l'huile minérale (759 €/an et 364 €/an). Par contre ce n'est pas le cas pour la machine n°3 (dont le ratio n'est que de 5), quel que soit le type d'huile utilisé.

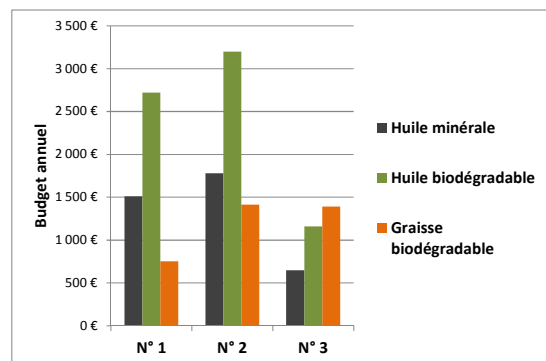


Figure 8 : Budget annuel en lubrifiants sur la base de 1600 heures machines par an

Sur la base de ces différences, l'amortissement du kit (y compris son installation) est de l'ordre de 3 à 3,5 ans si l'entreprise utilise de la graisse biodégradable au lieu de l'huile biodégradable. Il est par contre plus élevé par rapport à l'huile minérale : 8,6 ans pour la machine n°1 et près de 18 ans pour la n°2.

Machine	N°1	N°2	N°3
Amortissement / huile minérale	8,6	17,9	non
Amortissement / huile biodégradable	3,3	3,6	non

Tableau 5 : Durée d'amortissement en années de l'installation du kit en intégrant les économies réalisées sur les lubrifiants

## Le temps économisé

Le passage à la graisse représente un gain d'au moins une dizaine d'heures de travail par an (temps de remplissage du réservoir d'huile), jusqu'à plus de 30 heures pour la machine n°2. A raison d'un coût de revient moyen de 111 €/heure machine, cela représente en moyenne 2 115 €/an (de 1 282 à 3 497 €/an).

Machine	N° 1	N° 2	N°3
Amortissement / huile minérale et gain de temps	2,7	2,0	5,1
Amortissement / huile bio. et gain de temps	1,8	1,4	3,6

Tableau 6 : Durée d'amortissement en années de l'installation du kit en intégrant les économies réalisées sur les lubrifiants + le gain de temps de remplissage

Ces gains ont un impact significatif sur la durée d'amortissement de l'installation, qui est de l'ordre de 2 ans pour les 2 machines ayant un très bon ratio de consommation. Pour la machine n°3, la prise en compte de ce facteur permet d'amortir l'investissement mais sur une période d'environ 3,5 ans.

## Conclusion

Le projet INOFOX « Graissage des organes de coupe des machines de bûcheronnage » a permis de tester sur une longue période et dans des conditions variées (3 zones géographiques, des variétés de peuplements tant en essence qu'en volume unitaire, 3 marques de machines), **le système EnviroSYS** (kit complet : réservoir, pompe, unité de contrôle, boîtier d'interface + graisse biodégradable).

Il ressort de la campagne de tests que :

## La consommation en lubrifiant est très considérablement diminuée

Elle passe, en fonction des machines, de 400 à 1 000 l d'huile de chaîne/an à 40 et 80 kg de graisse/an. Ainsi, l'impact positif de ce système sur l'environnement est indéniable.

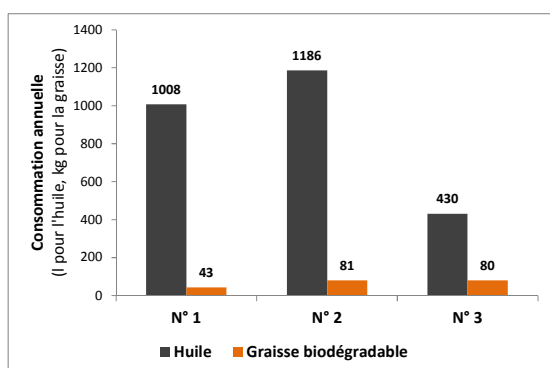


Figure 9 : Consommation annuelle en lubrifiant (base 1600 heures machine)

## La consommation en guide et en chaînes n'est pas impactée

### Les utilisateurs apprécient le système

Les utilisateurs apprécient grandement le confort généré par le système en termes de manipulation (graisse en cartouche de 2 kg, huile en bidons de 20 -25 l), de stockage et de gain de temps. En effet, comme une cartouche de 2 kg permet de travailler entre 1 et 2 semaines, le temps pour l'approvisionnement est notablement réduit (plus de remplissage de bidons d'huile à l'atelier) et il y a également un gain au niveau de la place et du poids des lubrifiants dans les véhicules de transport.

### L'installation du système nécessite la présence d'un technicien spécialisé

Si l'installation mécanique du kit est relativement facile, la présence d'un technicien spécialisé de la marque est toutefois indispensable pour assurer le bon branchement (électrique et informatique) du système, en particulier pour les modèles de machine plus anciens.

Le montage d'origine du kit EnviroSYS est maintenant proposé par plusieurs constructeurs.

### Le passage au biodégradable est facilité

Le retour sur investissement du kit EnviroSYS dépend des variations de consommation observées sur les machines. Pour les machines de cette phase de tests, il varie entre 2 et 5 ans, si on le compare à une machine fonctionnant avec de l'huile minérale. Par rapport à l'huile biodégradable, ce retour est plus rapide (de 1,5 à 3,5 ans).

Signalons par ailleurs, qu'aucune panne du système de graissage n'a été signalée après près d'un an de fonctionnement et les 3 pilotes continuent actuellement à fonctionner avec ce système de graissage automatique.

Contacts :

**Philippe RUCH - Matthieu BONNEMAZOU**  
**-Xavier MONTAGNY-Christophe PERINOT**  
philippe.ruch@fcba.fr

FCBA – Pôle PTA  
Equipe Approvisionnement  
60 route de Bonnencontre  
21170 Charrey-sur-Saône  
Tél. 03.80.36.36.20



INSTITUT TECHNOLOGIQUE

Etude réalisée  
avec le soutien de

